

РАДИОНУКЛИДЫ В РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ДОЛИНЫ СРЕДНЕЙ КАТУНИ

С.С. Мешкинова, А.В. Пузанов

Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

Эколого-биогеохимическая оценка экосистем бассейна Катуня является актуальной в связи с гидроэнергетическим освоением реки. Необходим экологически грамотный подход при планировании, сооружении и эксплуатации проектируемых водохранилищ. Одними из важных составляющих экосистемы являются почвы и растения, так как почва, будучи продуктом совместного воздействия многих факторов, в том числе климата и растительности, наиболее полно передает специфику экологической, биогеохимической ситуации территории. К тому же педосфера является главным источником элементов питания живых организмов, основным звеном в биологическом круговороте элементов [3]. Почва, выполняя аккумуляционную функцию, может накапливать радионуклиды до высоких концентраций, что негативно отразится на экосистеме водохранилища и близлежащей территории. Растения выполняют важную роль в биогеохимических процессах трансформации вещества в биосфере. Поглощая химические элементы и радионуклиды из почвы, почвообразующих пород, грунтовых вод и атмосферы, они перемещают их из одних компонентов ландшафта в другие, при этом изменяя скорость их круговорота в природе.

Объекты исследования: черноземы обыкновенные и южные, темно-каштановые, горно-лесные черноземовидные почвы на элювиальных, делювиальных, аллювиально-делювиальных, аллювиальных отложениях, щебнисто-песчаных, щебнисто-супесчаных, галечниково-песчаных и галечниково-супесчаных, а также хорошо сортированных песчаных отложениях [7, 8], доминантные виды растений долины Средней Катуня. Наибольшее распространение имеют черноземы южные и обыкновенные.

Естественные радиоактивные элементы и ^{137}Cs определяли гамма-спектрометрическим методом в Институте геологии и минералогии СО РАН.

Почвенные разрезы закладывали в системе ландшафтно-геохимических катен, охватывая все геоморфологические элементы.

Радионуклиды в почвах долины Средней Катуня

Уран. В почвах долины Средней Катуня содержание ^{238}U и его распределение по профилю разнообразно. Удельная активность ^{238}U в почвах долины варьирует от 15,2 до 67,8 Бк/кг и в среднем составляет $25,0 \pm 1,4$ Бк/кг (табл.). В черноземах обыкновенных наблюдается аккумуляция нуклида в верхних горизонтах, а черноземах южных происходит накопление и в иллювиальных горизонтах почвы. В темно-каштановых почвах распределение ^{238}U по профилю равномерное.

Таблица

Концентрация основных естественных радиоизотопов и Cs-137 почвах долины Средней Катуня

Элемент	Почвы долины Средней Катуня	Мировой почвенный фон [6]
	Бк/кг	
^{40}K	$360,0 \pm 7,7$ (235-455)	370
^{232}Th	$15,1 \pm 0,6$ (6,9-24,4)	25
^{238}U	$25,0 \pm 1,4$ (15,2-67,8)	25
^{137}Cs	$14,9 \pm$ (3,0-69,0)	15

Торий. В черноземах обыкновенных долины Средней Катуня ^{232}Th по профилю распределяется равномерно. В каштановых почвах и черноземах южных наблюдается уменьшение удельной активности радионуклида с глубиной, что коррелирует с содержанием гумуса в почвах. Средняя концентрация ^{232}Th в почвах исследуемой территории составляет $15,1 \pm 0,6$ при распространении от 6,9 Бк/кг до 24,4 Бк/кг Бк/кг, что

превышает среднее содержание в почвенном покрове России в два раза [12], но ниже кларков в земной коре [13] и в почвах мира (см. табл.).

Калий. В черноземах обыкновенных и южных ^{40}K распределен равномерно, но в некоторых разрезах прослеживается аккумулятивно-иллювиальное распределения радионуклида. В темно-каштановых почвах содержание ^{40}K , как и ^{232}Th , уменьшается вниз по профилю и коррелирует с содержанием гумуса в данном подтипе почвы. Концентрация радионуклида в почвах долины колеблется от 235 Бк/кг до 455 Бк/кг, в среднем составляет $360 \pm 7,7$ Бк/кг, что почти равно кларку в почвах [9] и мировому фону почв (см. табл.).

Цезий – 137. Распределение ^{137}Cs по профилю во всех исследованных типах почв одинаково. В зависимости от свойств почв основной запас ^{137}Cs сосредоточен в верхнем 5-ти или 10-ти сантиметровом слое гумусового горизонта целинных почв и на глубине 10 - 20 сантиметров в пахотных почвах. Удельная активность радионуклида в пахотных почвах незначительна и достигает 11,0 Бк/кг, а в нескольких образцах дерновых горизонтов (0-5 см) активность составляет 61 и 69 Бк/кг (см. табл.), что соответствует фону Горного Алтая [10]. В иллювиальном горизонте и почвообразующей породе Cs -137 не обнаружен.

Радионуклиды в растениях долины Средней Катуни

Большинство надземных частей растений накапливают уран по фонобарьерному типу, при котором значительное увеличение концентрации изучаемого элемента в питающей среде не сопровождается статистически достоверным увеличением его содержания в растениях [5]. Среднее содержание урана в надземной растительности, по литературным данным, составляет 38 мкг/кг (0,47 Бк/кг) и варьирует в интервале от 5 до 69 мкг/кг (от 0,63 до 0,87 Бк/кг) [4].

В растениях долины Средней Катуни удельная активность ^{238}U колеблется от 7 до 115 Бк/кг и в среднем составляет $29,9 \pm 8,5$ Бк/кг. Наибольшие концентрации обнаружили в *Limonium flexuosum* L. – 115 Бк/кг, *Artemisia frigida* Willd – 90 Бк/кг, при коэффициентах накопления 2,1 и 2,2 соответственно. Наименьшая концентрация наблюдается у *Kochia densiflora* (сем. Chenopodiaceae).

Н. Боуэн (цит. по [2]) дает широкий интервал в оценках содержания тория в наземной растительности: от <8 до >1300 мкг/кг сухого вещества. В древесине, листьях и хвое содержание ^{232}Th достигает 5 мкг/г ($2 \cdot 10^{-2}$ Бк/г).

Накопление Th растениями незначительно [11, 12], но оно выше, чем для ^{238}U . Для этих радионуклидов установлены «пороговый эффект», видовые и географические различия в накоплении (пороговая концентрация ^{232}Th в почве принята $n \cdot 10^{-3}$ – $n \cdot 10^{-2}$ г/г). Подсчитаны коэффициенты биологического поглощения (КБП) Th для разных регионов. Высокими они оказались для всех районов, где наличие Th в породах связано с терригенными минералами, и минимальными с водной миграцией (горная тундра – 0,5; горная тайга – 0,3; лесостепь – 0,46). Коэффициент биологического поглощения тория равен 0,04 [1]. Вместе с тем, кларк его в биосфере относительно высок: 7,6 мг/кг, $7,6 \cdot 10^{-4}\%$ (30,93 Бк/кг).

В исследованных нами растениях накопление радиоактивного тория незначительное: $8,9 \pm 3,1$ Бк/кг, что в 3 раза ниже концентрации ^{238}U при вариации от 3 до 40 Бк/кг. Наиболее высокие коэффициенты накопления радионуклида обнаружены в *Artemisia frigida* Willd из семейства Asteraceae, *Astragalus alpinus* L. и *Thymus altaicus* Klokov et Shost.

Большая часть калия в растениях находится в ионной форме, меньшая непрочно связана в плазме. Он легко выщелачивается из листьев, теряющих во время дождей до 30-50 % K. Концентрация ^{40}K в растениях такова: зерновые – 18-159 Бк/кг, зернобобовые – 177-299, свежие овощи – 40-174, плоды – 7-355, грибы – 277 Бк/кг.

Удельная активность ^{40}K в растениях долины Средней Катуни колеблется от 177 до 757 Бк/кг и в среднем составляет $480,4 \pm 48,3$ Бк/кг. Коэффициенты накопления радионуклида варьировали в пределах 0,3-1,0. Больше всего радиоактивного калия, как и

тория, содержится в *Artemisia frigida* Willd. – 757 Бк/кг. Немного меньше ^{40}K содержат *Kochia densiflora*: от 712 до 718 Бк/кг.

Высоким накоплением ^{137}Cs характеризуются однолетние и многолетние травы и горох, низким – зерновые. Наиболее высоким накоплением ^{137}Cs в растениях исследуемой территории характеризуется *Vicia cracca* L. – 20 Бк/кг ($K_H = 2,5$) и *Artemisia sp.* – 13 Бк/кг ($K_H = 1,6$), низкий коэффициент накопления ($K_H 0,03$) получен для *Artemisia frigida* Willd.

Выводы:

- удельная активность естественных радионуклидов ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K и искусственного радионуклида ^{137}Cs в почвах долины не превышает среднего уровня удельной активности почв мира;

- изученные растения характеризуются невысокими коэффициентами накопления ($K_H < 1$) с широким диапазоном вариации ($K_H =$ от 0 до 2,5), исключение составляют виды, в которых хорошо видна тенденция накопления: ^{238}U – *Stipa consanguinea* Trin. et Rupr. ($K_H = 1,4$), *Limonium flexuosum* L. ($K_H = 2,1$), *Artemisia frigida* Willd ($K_H = 2,2$); ^{232}Th – *Artemisia frigida* Willd ($K_H = 1,1$); ^{137}Cs – *Artemisia sp* (13 Бк/кг, $K_H = 1,6$), *Vicia cracca* L. ($K_H = 2,5$); удельная активность изученных радионуклидов в растениях долины Средней Катунь находится в пределах фоновых значений и не оказывает негативного влияния на структуру и функционирование растительных организмов.

Литература

1. Алексеенко, В.А. Экологическая геохимия / В.А. Алексеенко – М.: Логос, 2000.– 627 с.
2. Иванов, В.В. Экологическая геохимия элементов / В.В. Иванов – М.: Экология, 1997. – 607 с.
3. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в почвах Западной Сибири / В.Б. Ильин // Почвоведение. 1987.- №11.- С. 87-94.
4. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
5. Ковалевский, А.Л. Биогеохимия растений / А.Л. Ковалевский – Новосибирск: Наука, 1991. – 294 с.
6. Ковда, В. А. Почвоведение. Ч. 1./ В. А. Ковда, Б. Г. Розанов. М.: Высш. шк. 1988. 400 с.
7. Мальгин, М.А. Биогеохимия микроэлементов в Горном Алтае / М.А. Мальгин. Новосибирск: Наука, 1978.- 272 с.
8. Почвы Горно-Алтайской автономной области. Новосибирск: Наука, 1973.- 351с.
9. Радиобиология / А. Д. Белов, В. А. Киршин, Н. П. Лысенко, В. В. Пак и др.; Под ред. А. Д. Белова. М.: Колос, 1999.- 384 с.
10. Силантьев, А.Н. Вертикальная миграция в почве радионуклидов, выпавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС / А.Н. Силантьев, И.Г. Шкуратова, Ц.И. Бобовникова // Атомная энергия, 1989. т. 66. вып. 3. -С. 194-197.
11. Таскаев, А.И. Миграция изотопов уранового и ториевого рядов в почвенно-растительном покрове территорий с естественно и антропогенно повышенной радиоактивностью / А.И. Таскаев // Инф. бюл. науч. совета по проблемам радиобиологии АН СССР, 1983. – №28. – С. 34-37.
12. Титаева, И.А. Геохимия природных радиоактивных рядов распада / И.А. Титаева. М.: ГЭОС, 2005.- 226 с.
13. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяции и биогеоценозы / Р.М. Алексахин, Н.П. Архипов, Р.М. Бархударов и др. М.: Наука, 1990.- 368с.